

УДК 553.98:528.8(571.51)

НОВЫЕ ДАННЫЕ ПО СТРУКТУРЕ РАЙОНА ВАНКОРСКОГО ГАЗОНЕФТЯНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Житков Владимир Георгиевич¹,
vlgitkov@tpu.ru

Поцелуев Анатолий Алексеевич¹,
poan@tpu.ru

Ананьев Юрий Сергеевич¹,
ananievus@tpu.ru

Кринин Владимир Александрович²,
Vkrinin@sfu-kras.ru

¹ Национальный исследовательский Томский политехнический университет,
Россия, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30.

² Сибирский федеральный университет,
Россия, 660041, г. Красноярск, пр. Свободный, 86, стр. 2.

Актуальность работы обусловлена необходимостью повышения эффективности прогнозных работ на основе структурно-тектонических факторов локализации крупных нефтегазовых объектов и последующим применением выявленных закономерностей на новых площадях.

Цель работы: установить структурно-тектонические обстановки, определяющие локализацию и внутреннее строение нефтегазовых полей и месторождений ванкорского типа, на основе космоструктурной схемы территории.

Методы исследования: обработка, дешифрирование и анализ материалов мультиспектральных космических съемок среднего и высокого разрешения с использованием алгоритмов направленной фильтрации, многомерной статистики и алгебры карт.

Результаты. По материалам мультиспектральных космических систем Landsat ETM+, TERRA ASTER и радиолокационной съемки ERS-ENVISAT изучены структуры Пуртазовской нефтегазоносной области, примыкающие к Ванкорскому газонефтяному месторождению, и площадь самого Ванкорского месторождения. Установлено широкое развитие и последовательность формирования разрывных тектонических нарушений различной ориентировки, кольцевых, дуговых и площадных структур, контролирующих положение известных нефтегазовых месторождений. Совокупность полученных данных позволяет сформулировать комплекс критериев по локализации новых перспективных площадей. Установлено, что все известные месторождения нефти и газа на данной территории залегают в пределах зон флюидомиграции, которые приурочены к концентрическим кольцевым структурам. Все месторождения залегают в пределах линейной зоны, отвечающей Худосейскому рифту или его сателлитным разломам. Размещение месторождений в пределах выше обозначенных структур контролируется поздними нарушениями северо-восточного простирания. Совокупность полученных данных о приуроченности известных месторождений к выделенным структурам позволяет сформулировать комплекс критериев по локализации новых перспективных площадей в изученном районе.

Ключевые слова:

Красноярский край, Ванкорская нефтегазоносная площадь, космоматериалы, линейные структуры, кольцевые структуры, зоны флюидомиграции.

Введение

Использование материалов современных космических съемок (КС) позволяет получить информацию о геоструктурных особенностях исследуемых площадей, выработать критерии локализации перспективных участков для постановки детальных работ. Этому способствует ряд явных преимуществ материалов КС перед другими методами наземных и аэроисследований. В первую очередь это обзорность, равноазимутальная информативность, отсутствие недостатков выборочных профильных наблюдений, экспрессность, дешевизна, экологичность [1–3]. Их применение весьма актуально как на новых малоизученных площадях, так и в известных нефтегазоносных районах, детально изученных наземными методами.

Объектом исследований является территория нефтегазоперспективных земель, примыкающая к Ванкорскому месторождению, расположенная в Туруханском районе Красноярского края, на левобережье Большой Хеты [4]. В административном отношении площадь работ охватывает Туруханский район Красноярского края, крайнюю восточную часть Ямало-Ненецкого и юго-западную часть Таймырского АО. Группа месторождений, к которой относят Ванкорское, Лодочное, Тагульское, Сузунское месторождения, в структурно-тектоническом плане входят в состав Большехетской структурной террасы. Прилегающие к Ванкорскому месторождению Западно-Лодочная, Ичемминская, Талая, Ниричарская, Хикиглинская, Ячиндинская структуры находятся в стадии исследования.

Геологическое строение и нефтегазоносность

В тектоническом отношении рассматриваемая территория находится на стыке Большехетской структурной террасы и Пендомаяхской впадины, осложняющих северо-восточный борт Надым-Тазовской синеклизы. Геологический разрез, перспективный в нефтегазоносном отношении, представлен отложениями катаплатформенного осадочного чехла. Основной этаж нефтегазоносности образован нижнехетским, яковлевским, долганским продуктивными горизонтами нижнего и верхнего мела. Меньшие перспективы нефтегазоносности связаны с сеговским горизонтом верхней и малышевским горизонтом средней юры.

Промышленные запасы нефти и газа рассматриваемой территории сконцентрированы исключительно в ловушках структурного типа, в редких случаях некоторые залежи имеют литологическое ограничение за счет замещения песчаников пелитовыми разностями. Все крупные локальные структурные ловушки (Сузунская, Ванкорская, Лодочная, Тагульская) приурочены к структурам первого порядка – Сузунскому и Лодочному валам [4–9]. Мелкие поднятия, как правило, осложняют восточный борт Пендомаяхской впадины и отражаются в меловом структурно-формационном комплексе (рис. 1).

Методика обработки материалов

В работе использованы материалы мультиспектральных космических съемок Aster и Landsat ETM+. Дополнительно по данным радиолокационной съемки радаром ERS-ENVISAT была создана цифровая модель рельефа.

Обработка, дешифрирование, анализ косматериалов и моделирование геологических и рудных систем выполнены в соответствии с методическими рекомендациями и подходами [1–3, 10–26]. Принципиальная схема работ состояла:

- из формирования массива исходных данных;
- обработки и дешифрирования исходных растровых изображений с использованием алгоритмов классификации, процедур улучшения, комплекса методов фильтрации и передискретизации изображения;
- создания и обработки синтезированного изображения мультиспектральных снимков;
- создания производных растровых изображений с использованием «алгебры карт»;
- корреляционного анализа синтезированных изображений;
- обработки и анализа цифровой модели рельефа;
- совместного анализа растровых изображений и цифровой модели рельефа, дешифрирования с использованием 3D-визуализации и анаглифических (стерео) изображений;

В работе использовались синтезированные изображения с различной комбинацией каналов, что позволило распознавать слабоаномальные объекты как линейной, так и дуговой и кольцевой морфоло-

гии, а также элементы геологического свойства – разрывные нарушения, флюидопроводящие системы и элементы тектонических деформаций (рис. 2).

В итоге анализу и интерпретации в процессе исследований было подвергнуто более 300 изображений.

Результаты и их обсуждение

Исследования показывают, что на Большехетской структурной террасе в материалах космических съемок проявлены структуры трех типов: линейной, кольцевой (дуговой) морфологии и площадные.

Среди линейных преобладают структуры субмеридионального, северо-восточного, субширотного простирания, которые соответствуют разрывным нарушениям различного уровня заложения. Субмеридиональные разломы являются наиболее ранними образованиями, определяют положение главных геотектонических структур и, по-видимому, проникают в верхнюю мантию. К этому типу нарушений относится «Главная» линеаментная зона, по своему местоположению и ориентировке соответствующая Худосейскому рифту. Зона представлена серией субпараллельных линеаментов различной протяженности и имеет ширину выхода на дневную поверхность от 25 до 35 км.

Установлено сателлитное тектоническое нарушение, по-видимому, сингенетичное «Главной» зоне. Оно расположено к западу, имеет субмеридиональное простирание, на юге примыкает к «Главной» зоне, а к северу отклоняется от нее на расстояние до 20 км. В пределах «Главной» зоны отчетливо выделяется крупное тектоническое нарушение, проходящее через западный фланг Ванкорского месторождения.

Субширотные и северо-восточные структуры являются более поздними. Их кинематика устанавливается по смещению границ площадных структур, выявленных на территории исследований и описанных ниже. Амплитуда смещений по разломам северо-восточного простирания достигает 14,5 км. Так, южный фланг Ванкорского месторождения срезан нарушением северо-восточного направления (рис. 3). Возможно, находящаяся южнее перспективная структура Талая является реликтом срезанной части залежи Ванкорского месторождения. Субширотные разрывы характеризуются смещениями до 4 км. Структуры северо-западного простирания смещают границы более ранних образований до 7 км.

Выявленные кольцевые и дуговые структуры варьируют от 1 до 83 км по радиусу (рис. 3, 4). Наиболее крупными кольцевыми структурами района являются Ванкорская – радиус 83 км и Чировая – радиус 58 км (рис. 3). По-существу, вся территория исследований попадает в пределы Ванкорского кольца. Чировая структура располагается южнее и включает одноименное локальное поднятие в своей центральной части.

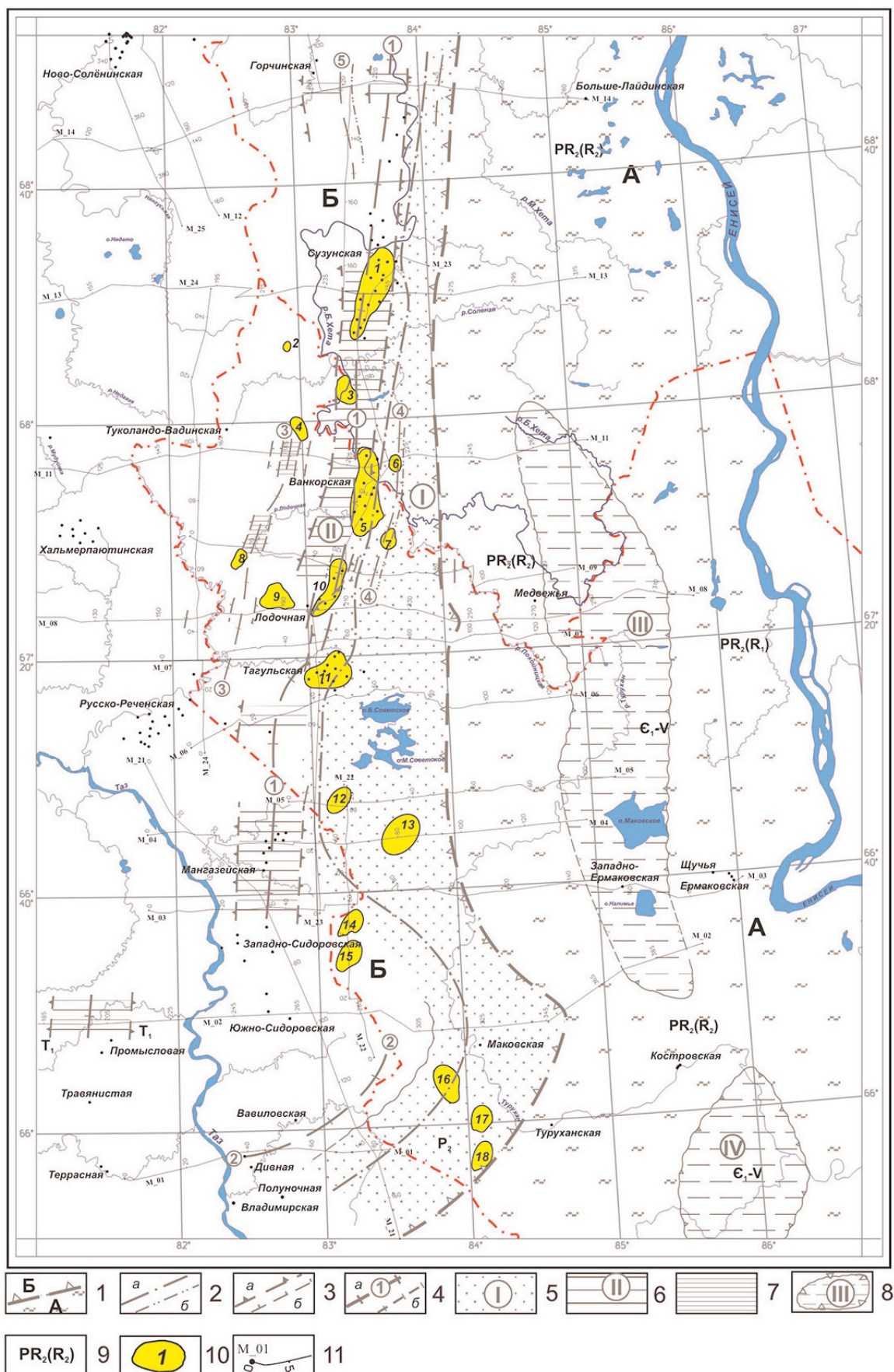


Рис. 1. Тектоническая схема района Большехетской структурной террасы по данным [2]: 1) участок приподнятого положения докембрийского складчатого фундамента (граница Сибирской платформы и Западно-Сибирской плиты): А) Иго-руханский выступ, Б) Худосейский грабен-рифт; 2) оси синклиналиев: а) первого порядка (грабены), б) второго порядка (синклиналиевые зоны); 3) границы антиклинорий: а) первого порядка (горсты), б) второго порядка (горстоподобные блоки); 4) оси антиклинорий: а) первого порядка: 1 – Большехетско-Тагульского горста, 2 – Парусового горста (выступа); б) второго порядка: 3 – Хикигли-Верхнелодочного горстоподобного блока, 4 – Осетровой антиклинальной зоны, 5 – Пендомаяхского горстоподобного блока; 5–7 – площадь развития: 5) Приенисейского грабена (I), 6) Большехетско-Тагульского горста (II); 7) Хикигли-Верхнелодочного горстоподобного блока; 8) венд-палеозойские впадины: III – Маковская, IV – Нижнебайхская; 9) предполагаемый возраст отложений, слагающих тектонические структуры; 10) локальные поднятия в юрско-меловом чехле: 1 – Сузунское, 2 – Восточно-Чарское, 3 – Ячиндинское, 4 – Хикиглинское, 5 – Ванкорское, 6 – Ниричарское, 7 – Талое, 8 – Западно-Лодочное, 9 – Ичемминское, 10 – Лодочное, 11 – Тагульское, 12 – Чировое, 13 – Советское, 14 – Северо-Полярное, 15 – Полярное, 16 – Глухаринское, 17 – Туруханское, 18 – Лебяжье; 11) региональные сейсмические маршруты

Fig. 1. Tectonic scheme of Bolshekhetsky structural terrace by [2]. 1) fragment of uplift location for Precambrian folded basement (margin of Siberian platform and Western Siberian plate): A) Igarkhan promontory, B) Khudoseysky graben-rift; 2) axes of synclines: a) the first order (grabens), b) the second order (syncline zones); 3) Borders of anticlines: a) the first order (gorsts), b) the second order (gorst shaped blocks); 4) Axes of anticlines: a) the first order: 1 – Bolshekhetsky-Tagulsky gorst, 2 – Parusovsky gorst; b) the second order: 3 – Khikigly-Verkhnelodochny gorst shaped block, 4 – Osetrovaya anticline zone, 5 – Pendomayakhsky gorst shaped block; 5–7 area of distribution: 5) Prienisey graben (I), 6) Bolshekhetsky-Tagulsky gorst (II); 7) Khikigly-Verkhnelodochny gorst shaped block; 8) Vend-Paleozoic depression: III – Makovskaya, IV – Nizhnebaikhskaya; 9) Supposed age of rocks forming tectonic structures; 10) Local uplift blocks in Jurassic-Cretaceous cover: 1 – Suzunsky, 2 – Vostochno-Charsky, 3 – Yachindinsky, 4 – Khikiglinsky, 5 – Vankorsky, 6 – Niricharsky, 7 – Taly, 8 – Zapodno-Lodochny, 9 – Ichemminsky, 10 – Lodochny, 11 – Tagulsky, 12 – Chirovy, 13 – Sovetsky, 14 – Severo-Polyarny, 15 – Polyarny, 16 – Glukharinny, 17 – Turukhansky, 18 – Lebyazhye; 11) Regional seismic profiles

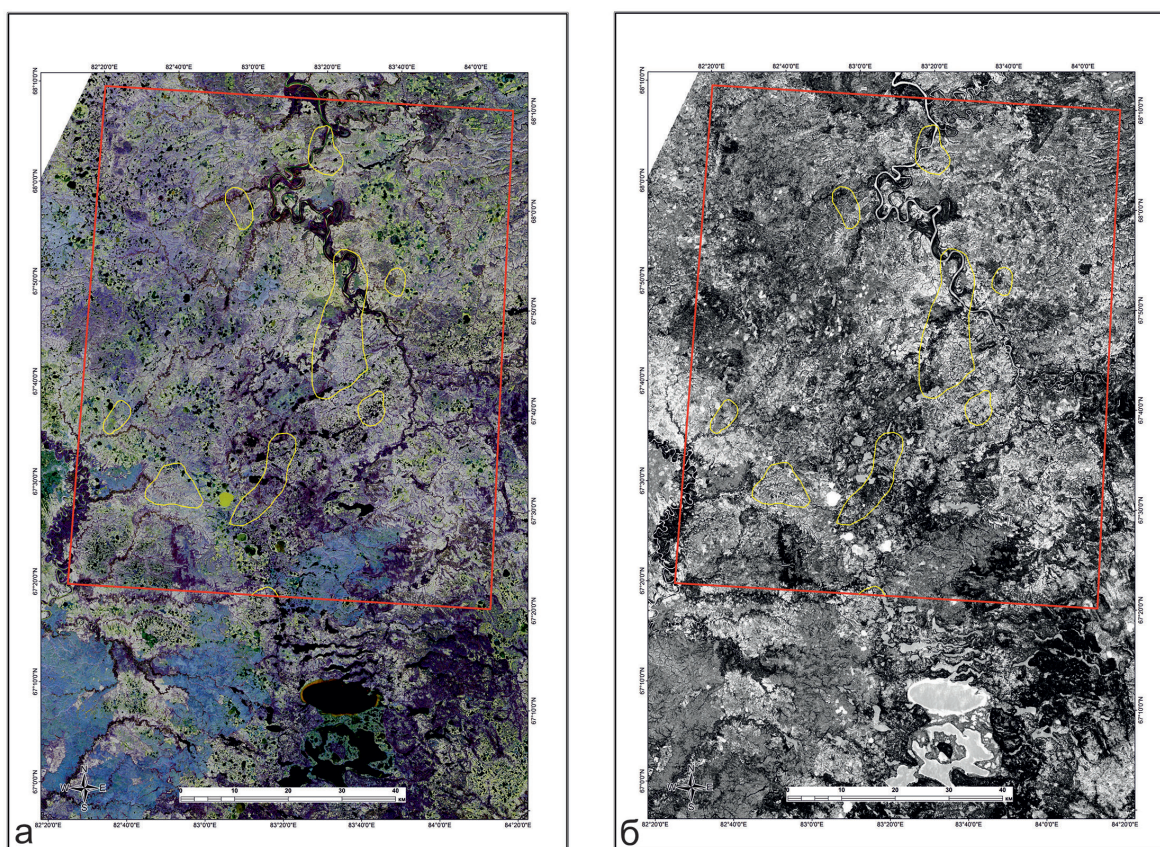


Рис. 2. Компоненты дистанционной основы: а) композит по материалам космической съемки Landsat ETM+ (комбинация спектральных диапазонов 0,75–0,90; 0,63–0,69; 0,45–0,52 мкм); б) обработка по методу главных компонент (третья компонента). Явственно видны зоны флюидомиграции северо-западного простирания, нарушенные и смещенные разломами северо-восточной ориентировки. Красный контур – границы площади исследований; желтые контуры – нефтегазовые месторождения и перспективные структуры

Fig. 2. Components of remote groundwork: a) composite by Landsat ETM+ system (combination of spectral channels 0,75–0,90; 0,63–0,69; 0,45–0,52 μm); b) processing by the principal component method (the third component). The north-west trending zones of fluidomigration interrupted and shifted by north-west oriented faults are clearly visible. The red contour is the border of the research area; yellow contours are oil-gas deposits and promising structures

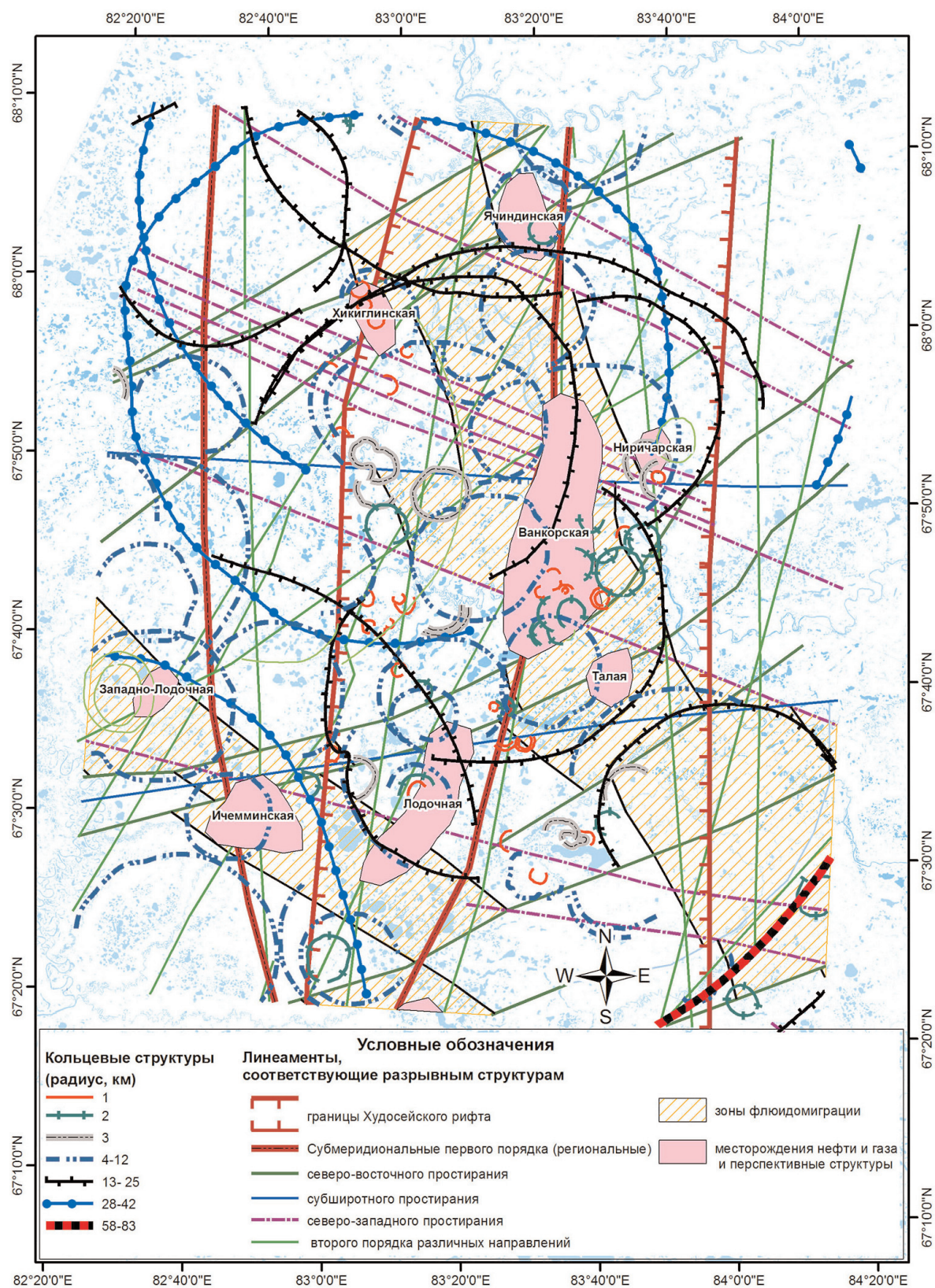


Рис. 3. Обзорная космоструктурная схема района Большехетской структурной террасы. Условные обозначения – рис. 4

Fig. 3. Small scale space structural scheme of Bolshekhetsky structural terrace area. Legend is on fig. 4.

Центр Ванкорской кольцевой структуры, так же как и кольцевых и дуговых структур более высоких порядков, контролируется «Главной» линейной структурой субмеридионального простирания и ее сателлитными разломами того же направления. Центральная область Ванкорской структуры, которая может рассматриваться в качестве «центра возмущения», располагается в непосредственной близости от Ванкорского месторождения.

Центры кольцевых структур второго порядка с радиусами от 28 до 42 км также лежат в пределах «Главной» зоны со смещением к западу от ее центральной части. Одна из них имеет центр в районе Хикиглинской структуры, центр другой соответствует Ячиндинскому локальному поднятию. Эти структуры характеризуют более слабые «возмущения» и могут содержать, соответственно, более мелкие залежи углеводородов по сравнению с Ванкорским.

Отмечается закономерное расположение кольцевых структур радиусом 7–9 км вдоль субмеридионального шва, проходящего в центральной части «Главной» зоны. При этом центры данных структур, как правило, смещены к западу относительно самого линейного элемента на расстояние 3–7 км. Подобное положение занимают структуры этого ранга и по отношению к западному сателлитному шву «Главной» линейной структуры. Часть этих кольцевых структур вмещает известные месторождения углеводородов и ряд перспективных площадей.

К площадным структурам относятся Северо-Восточная и Юго-Западная зоны «флюидомиграции» (рис. 3, 4). По мнению авторов, формирование этих структур обусловлено проявлением метасоматических процессов, повлиявших на физико-химические свойства пород. Это отразилось в спектрметрических характеристиках площадных структур. Зоны имеют северо-западное простирание.

Северо-Восточная зона в районе Ванкорского месторождения разворачивается в субмеридиональном направлении. Видимая мощность Северо-Восточной зоны колеблется от 15,8 до 24,6 км, Юго-Западной – от 9,5 до 13,7 км.

Обе зоны имеют блоковое строение за счет смещений, вызванных поздними нарушениями северо-восточного и субширотного простирания. Амплитуда смещений границ зон колеблется от 1,5 до 17,5 км по нарушениям северо-восточного простирания и от 1,5 до 9,4 км по нарушениям субширотного и северо-западного направления.

В целом по характеру космоструктурного рисунка исследуемая территория имеет большое сходство с эндогенными системами, дешифрированными и описанными в различных регионах [1–3]. Основными элементами такого рода структур являются линейные шовные зоны, представляющие собой складчато-разломные тектониче-

ские системы, сопровождающиеся повсеместным проявлением метаморфизма различных фаций и метасоматических преобразований вмещающих пород. В гравитационном поле данные процессы отражаются в виде региональных или локальных (в зависимости от масштабности проявления) отрицательных аномалий в центральных областях шовных зон.

На основании сходства космоструктурного рисунка, отражающего строение и закономерности формирования систем, можно предположить и сходство в истории геологического развития исследуемой территории с данными системами.

Полученные космоструктурные данные и основанные на них выводы о закономерностях размещения месторождений УВ на исследуемой территории достаточно хорошо коррелируются с региональными моделями и структурными построениями, основанными на геофизических методах [4–13].

Заключение

Наиболее ранними по возрасту формирования на изучаемой территории являются Северо-Восточная и Юго-Западная зоны «флюидомиграции», связанные, по-видимому, с разломно-складчатыми структурами фундамента, формировавшимися до Худосейской рифтогенной структуры и имеющими северо-западное простирание. Образование данных зон, вероятно, связано с древними разломными системами, являвшимися и флюидопроводниками, развитие которых привело к насыщению приразломных областей глубинными компонентами и перераспределению части вещества вмещающих пород.

Следующий этап становления структур района связан с Худосейским рифтом. С данным этапом структурообразования связано, видимо, формирование кольцевых структур разного ранга как реакции среды на тектонические возмущения вдоль Худосейской рифтогенной системы. Эти же возмущения могли, по нашему мнению, оказать решающее влияние на формирование структурных ловушек и миграцию углеводородов. Худосейский рифт хотя и формировался на ранних стадиях как структура растяжения, в более позднее время мог испытать сжатие с образованием сопряженной системы разрывных нарушений северо-восточного простирания, по кинематике, вероятнее всего, отвечающих сдвигам и оказавших деформирующее влияние на возникшие в более раннее время структурные ловушки.

Разрывные нарушения субширотного и северо-западного простирания могут быть отнесены к наиболее молодым структурам, поскольку они не образуют мощных зон, а, как правило, выражены отдельными швами.

В результате дешифрирования и анализа космоструктур района Большехетской структурной террасы было установлено, что все известные ме-

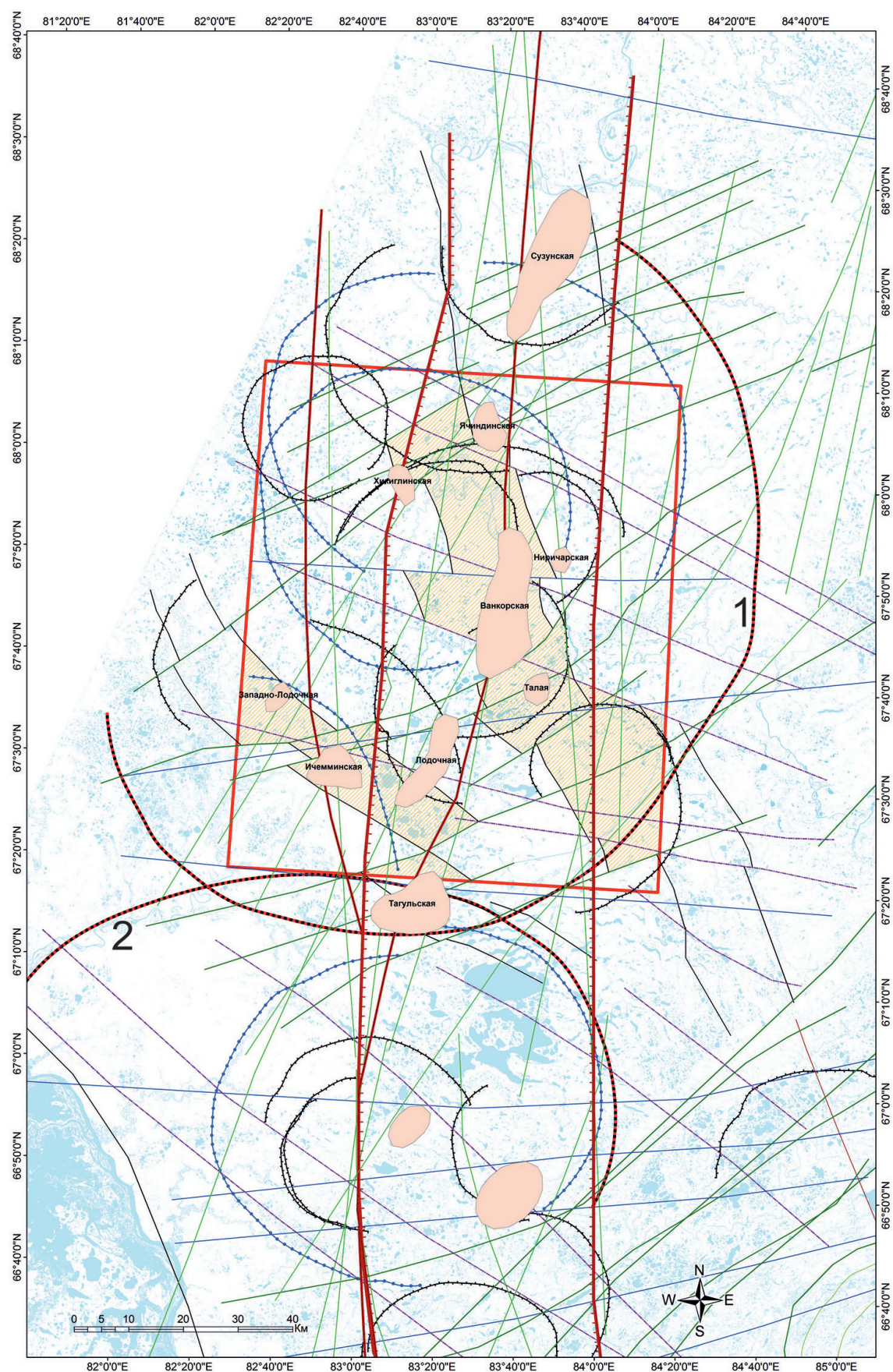


Рис. 4. Космоструктурная схема района Большехетской структурной террасы: 1–7 – кольцевые структуры, ранжированные по радиусам: 1) 1; 2) 2; 3) 3; 4) 4–12; 5) 13–25; 6) 28–42; 7) 58–83 км (1 – Ванкорская; 2 – Чировая); 8–13 – линейменты, соответствующие разрывным структурам: 8) границы «Главной» линейментной зоны; 9) субмеридиональные первого порядка (региональные); 10) северо-восточного простирания; 11) субширотного простирания; 12) северо-западного простирания; 13) второго порядка различных направлений; 14) зоны флюидомиграции; 15) нефтегазовые месторождения и перспективные структуры

Fig. 4. Space structural scheme of Bolshekhetsky structural terrace area. 1–7 are the circular structures ranged by radius: 1) 1; 2) 2; 3) 3; 4) 4–12; 5) 13–25; 6) 28–42; 7) 58–83 km (1 – Vankorsky; 2 – Chirovy); 8–13 are the lineaments considered as faults: 8) margins of the «Main» lineament zone; 9) submeridional of the first order (regional); 10) northeast strike faults; 11) sublatitudinal strike faults; 12) northwest strike faults; 13) faults of the second order of different orientation; 14) zones of fluidomigration; 15) oil-gas deposits and promising structures

сторождения нефти и газа на данной территории имеют вполне закономерную локализацию:

- месторождения залегают в пределах зон флюидомиграции (Северо-восточной и Юго-западной);
- объекты нефти и газа лежат в пределах кольцевых структур, иногда нескольких рангов. Наиболее крупное Ванкорское месторождение приурочено к центральной части самой крупной в районе одноименной кольцевой структуры радиусом более 80 км;

- все месторождения залегают в пределах «Главной» линейментной зоны, отвечающей Худосейскому рифту, или на ее сателлитных разломах;
 - размещение месторождений в пределах выше обозначенных структур контролируется поздними нарушениями северо-восточного простирания.
- Совокупность полученных данных о приуроченности известных месторождений к выделенным структурам позволяет сформулировать комплекс критериев по локализации новых перспективных площадей в изученном районе.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дистанционные методы геологических исследований, прогнозирования и поиска полезных ископаемых (на примере Рудного Алтая) / А.А. Поцелуев, Ю.С. Ананьев, В.Г. Житков, В.Н. Назаров, А.С. Кузнецов. – Томск: STT, 2007. – 228 с.
2. Поцелуев А.А., Ананьев Ю.С., Житков В.Г. Дистанционные методы геологических исследований, прогнозирования и поиска месторождений полезных ископаемых. – Томск: STT, 2014. – 304 с.
3. Поцелуев А.А., Ананьев Ю.С., Житков В.Г. Картирование погребенных палеодолин и кор выветривания по материалам современных космических съемок // Материалы XIV Международного совещания «Россыпи и месторождения кор выветривания: современные проблемы исследования и освоения» (РКВ-2010) (Новосибирск, 2–10 сентября 2010 г.). – Новосибирск: Изд-во «Апельсин», 2010. – С. 570–574.
4. Кринин В.А. Тектоника фундамента и оценка ресурсов нефти юрско-меловых отложений северо-востока Западно-Сибирской плиты в пределах Красноярского края // Горные ведомости. – 2011. – № 9. – С. 16–24.
5. Агульник И.М. Оценка нефтегазоносности структур в условиях Западно-Сибирской низменности с помощью гравиразведки // Прямые поиски нефти и газа геофизическими методами. – М.: Недра, 1971. – С. 48–51.
6. Бененсон В.А. Строение фундамента Западно-Сибирской плиты в свете новой геолого-геофизической информации // Геотектоника. – 1986. – № 4. – С. 117–121.
7. Варламов И.П. Постэоценовые тектонические движения Сибирской платформы // Геология и нефтегазоносность Ленотунгуской провинции / под ред. Н.В. Мельникова. – М.: Недра, 1977. – С. 95–108.
8. Сурков В.С. Строение грабен-рифтов и нефтегазоносность Западно-Сибирской низменности // Рифтогенез и нефтегазоносность. – М.: Наука, 1993. – С. 77–84.
9. Сурков В.С., Жеро О.Г. Фундамент и развитие платформенного чехла Западно-Сибирской плиты. – М.: Недра, 1981. – 141 с.
10. Горелов О.К. Морфоструктурный анализ нефтегазоносных территорий. – М.: Наука, 1972. – 216 с.
11. Тальвирский Д.Б. Тектоника Енисей-Хатангской нефтегазоносной области и сопредельных территорий по геофизическим данным. – М.: Недра, 1976. – 168 с.
12. Аэрокосмические методы геологических исследований / под ред. А.В. Перцова. – СПб.: Изд-во СПб картфабрики ВСЕГЕИ, 2000. – 316 с.
13. Калмыков В.Д., Серокуров Ю.Н. Приемы выделения рудоконтролирующих линейных структур по материалам дешифрирования космических снимков // Геология и разведка. – 1991. – № 9 – С. 75–79.
14. Цифровая обработка спектрональных снимков для целей оптического районирования рудоносных площадей / В.Ю. Лосев, В.В. Новиков, Х.Г. Таджиддинов, А.К. Басанин // Исслед. Земли из космоса. – 1990. – № 2. – С. 97–104.
15. Требования к дистанционной основе государственной геологической карты Российской Федерации масштаба 1:200 000 (третьего поколения) // Аэрокосмические методы геологических исследований / под ред. А.В. Перцова. – СПб.: Изд-во СПб картфабрики ВСЕГЕИ, 2000. – С. 304–313.
16. Moghtaderi A., Moore F., Mohammadzadeh A. The application of advanced space-borne thermal emission and reflection (ASTER) radiometer data in the detection of alteration in the Chadormalu paleocrater, Bafq region, Central Iran // Journal of Asian Earth Sciences. – 2007. – V. 30. – № 2. – P. 238–252.
17. Nash G.D., Johnson G.W., Johnson S. Hyperspectral detection of geothermal system-related soil mineralogy anomalies in Dixie Valley, Nevada: a tool for exploration // Geothermics. – 2004. – Vol. 33. – № 6. – P. 382–396.
18. Petrovic A., Khan S.D., Chafetz H.S. Remote detection and geochemical studies for finding hydrocarbon-induced alterations in Libon Valley, Utah // Marine and Petroleum Geology. – 2008. – V. 25. – № 8. – P. 696–705.
19. Rowan L. C., Mars J. C. Lithologic mapping in the Mountain Pass, California area using Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer (ASTER) data // Remote Sensing of Environment. – 2003. – V. 84. – № 3. – P. 350–366.
20. Colomina I., Molina P. Unmanned aerial systems for photogrammetry and remote sensing: a review ISPRS // J. Photogramm. Remote Sens. – 2014. – V. 92. – P. 79–97.

21. Progress in Location-Based Services 2014. Lecture Notes in Geoinformation and Cartography / Eds. G. Gartner, H. Huang. – Switzerland: Springer, 2015. – 282 p.
22. Grejner-Brzezinska D., Toth Ch., Jozkow G. On sensor georeferencing and point cloud generation with sUAS // Proc. of the ION 2015. Pacific PNT Meeting. – Honolulu, Hawaii, April 20–23, 2015. – P. 839–848.
23. Gwenzi D., Lefsky M.A. Prospects of photon counting lidar for savanna ecosystem structural studies // ISPRS Technical Commission I Symposium, Sustaining Land Imaging: UAVs to Satellites. – Denver, Colorado, USA, 17–20 November 2014. – P. 141–147.
24. Parallel faithful dimensionality reduction to enhance the visualization of remote sensing imagery / Safa N., Alaa N., Ik Soo Lim, Mohammed Saeed // Neurocomputing. – 2015. – V. 168. – P. 560–565.
25. Software to facilitate remote sensing data access for disease early warning systems / Y. Liu, J. Hu et al. // Environmental Modelling & Software. – 2015. – V. 74. – P. 247–257.
26. Safwat G., Safaa H., Mohamed S. Prospecting for new gold-bearing alteration zones at El-Hoteib area, South Eastern Desert, Egypt, using remote sensing data // Ore Geology Reviews. – 2015. – V. 71. – P. 1–13.

Поступила 20.01.2016 г.

Информация об авторах

Житков В.Г., кандидат геолого-минералогических наук, доцент кафедры общей геологии и землеустройства Института природных ресурсов Национального исследовательского Томского политехнического университета.

Поцелуев А.А., доктор геолого-минералогических наук, профессор кафедры общей геологии и землеустройства Института природных ресурсов Национального исследовательского Томского политехнического университета.

Ананьев Ю.С., кандидат геолого-минералогических наук, доцент кафедры геологии и разведки полезных ископаемых Института природных ресурсов Национального исследовательского Томского политехнического университета.

Кринин В.А., кандидат геолого-минералогических наук, заведующий кафедрой геологии нефти и газа Института нефти и газа Сибирского федерального университета.

UDC 553.98:528.8(571.51)

NEW DATA FOR STRUCTURAL POSITION OF VANKOR OIL-GAS DEPOSIT AND SURROUNDING AREA

Vladimir G. Zhitkov¹,

vlgitkov@tpu.ru

Anatoly A. Potseluev¹,

poan@tpu.ru

Yuriy S. Ananiev¹,

ananievus@tpu.ru

Vladimir A. Krinin²,

Vkrinin@sfu-kras.ru

¹ National Research Tomsk Polytechnic University,
30, Lenin Avenue, Tomsk, 634050, Russia.

² Siberian Federal University,
86, bld. 2, Svobodny Avenue, Krasnoyarsk, 660041, Russia.

The relevance of the discussed issue is caused by the need of increasing prospecting efficiency on the base of structural-tectonic factors of large oil-gas deposits localization and subsequent application of the revealed features for new areas.

The main aim of the study is to clarify structural-tectonic environment which control localization and inner structure of oil-gas fields and deposits of Vankor type on the basis of a space-structural scheme of Vankor oil-gas deposit and surrounding territory.

The methods used in the study: processing, analysis and interpretation of high resolution multispectral space imagery data using algorithms of direct filtration, multivariate statistics and map algebra.

The results. The authors have studied geological structures of Purtazovskaya oil-gas area attached to Vankor oil-gas deposit using the materials of remote sensing data obtained from Landsat ETM+, TERRA ASTER and ERS-ENVISAT satellites. Wide developed faults of different orientation, circular, arc shaped and polygonal structures which control localization of the oil-gas deposits in the area and the sequence of their forming were clarified. The set of the data obtained allows stating the complex of criteria for new promising areas. It was revealed that all discovered oil and gas deposits within the area are located in limits of zones of fluidomigration which are tightly related to concentric circular structures. All the deposits are situated in margins of a lineament zone which reflects the location of Khudo-seysky Rift or its satellite faults. Location of the deposits within the limits which are upper than the designated structures is controlled by later faults of east-north direction. A set of the obtained data demonstrating tight relation of oil deposits and fixed geological structures, allows us to formulate a complex of criteria considering localization of new prospective sites in the area.

Key words:

Krasnoyarsk Region, Vankor oil-gas area, space imagery, linear structures, circular structures, zones of fluidisation.

REFERENCES

1. Potseluev A.A., Ananiev Yu.S., Zhitkov V.G., Nazarov V.N., Kuznetsov A.S. *Distantionnye metody geologicheskikh issledovaniy, prognozirovaniya i poiska poleznykh iskopaemykh (na primere Rudnogo Altaya)* [Remote methods of geological studies, mineral deposit prognosis and prospecting (by the example of Rudny Altay)]. Tomsk, STT Publ., 2007. 228 p.
2. Potseluev A.A., Ananiev Yu.S., Zhitkov V.G. *Distantionnye metody geologicheskikh issledovaniy, prognozirovaniya i poiskov mestorozhdeniy poleznykh iskopaemykh* [Remote sensing for geological studies, prediction and exploration of mineral deposits]. Tomsk, STT Publ., 2014. 304 p.
3. Potseluev A.A., Ananiev Yu.S., Zhitkov V.G. Kartirovanie pogrebennykh paleodolin i kor vyvetrivaniya po materialam sovremennykh kosmicheskikh semok [Remote sensing data for geological survey of buried paleo-valleys and weathering crust]. *Materialy XIV mezhdunarodnogo soveshchaniya. Rossypi i mestorozhdeniya kor vyvetrivaniya: sovremennye problemy issledovaniya i osvoeniya* [Proc. 14th Int. Symp. Placer and weathered rock deposits (PWR-2010)]. Novosibirsk, Apelsin Publ., 2010. pp. 570–574.
4. Krinin V.A. Tectonics of basement and estimation of oil resources of Jurassic-Cretaceous deposits in the north-east of Western-Siberian platform within Krasnoyarsk region. *Gornye vedomosti*, 2011, no. 9, pp. 16–24.
5. Agulnik I.M. Otsenka neftegazonosnosti struktur v usloviyakh Zapadno-Sibirskoy nizmennosti s pomoshchyu gravirazvedki [Estimation of oil-gas potential for geological structures in Western Siberia conditions by gravity exploration]. *Pryamye poiski nefti i gaza geofizicheskimi metodami* [Prosecting for oil and gas by geophysical methods]. Moscow, Nedra Publ., 1971. pp. 48–51.
6. Benenson V.A. Stroenie fundamenta Zapadno-Sibirskoy platformy [Structure of the basement of Western Siberia platform]. *Geotectonic*, 1977, no. 4, pp. 117–121.
7. Varlamov I.P. Posteotsenovyie tektonicheskie dvizheniya Sibirskoy platformy [Post Eocene tectonic movements of Siberian Platform]. *Geologiya i neftegazonosnost Leno-Tungurskoy provintsii* [Geology and oil-gas content of Leno-Tungusky province]. Ed. by N.V. Melnikov. Moscow, Nedra Publ., 1977. pp. 95–108.
8. Surkov V.S. Stroenie graben-riftov i neftegazonosnost Zapadno-Sibirskoy nizmennosti [Structure of Graben rifts and oil-gas con-

- tent in Western Siberian lowland]. *Riftogenez i gazonosnost* [Rifting and gas content]. Moscow, NaukaPubl., 1993. pp. 77–84.
9. Surkov V.S., Zhero O.G. *Fundament i razvitie platformennogo chekhla Zapadno-Sibirskoy plity* [Basement and development of the platform cover of Western Siberian plate]. Moscow, Nedra Publ., 1981. 141 p.
 10. Gorelov O.K. *Morfostrukturny analiz neftegazonosnykh territoriy* [Morphostructural analysis of oil-gas areas]. Moscow, Nauka Publ., 1972. 216 p.
 11. Talvirsky D.B. *Tektonika Enisey-Khatangskoy neftegazonosnoy oblasti i sopredelnykh territoriy po geofizicheskim dannym* [Tectonic of Enisey-Khatanga oil-gas region and surrounded areas by geophysical data]. Moscow, Nedra Publ., 1976. 168 p.
 12. *Aerokosmicheskie metody geologicheskikh issledovaniy* [Aerial and satellite imagery methods for geological research]. Ed. by A.V. Pertsov. St. Petersburg, VSEGEI Publ., 2000. 316 p.
 13. Kalmykov V.D., Serokurov Yu.N. Priemy vydeleniya rudokontroliruyushchikh lineynykh struktur po materialam deshifrirovaniya kosmicheskikh snimkov [Techniques to identify ore-controlling linear structures in interpretation data of remote sensing imagery]. *Geology and exploration*, 1991, vol. 9, pp. 75–79.
 14. Losev V.Yu., Novikov V.V., Tadzhiddinov Kh.G., Basanin A.K. Tsifrovaya obrabotka spektrozonalnykh snimkov dlya tseley opticheskogo rayonirovaniya rudonosnykh ploshchadey [Digital processing of multispectral images for issues of optical zoning for mineralized areas]. *Issledovaniya Zemli iz kosmosa*, 1990, no. 2, pp. 97–104.
 15. *Trebovaniya k distantsionnoy osnove gosudarstvennoy geologicheskoy karty Rossiyskoy Federatsii masshtaba 1:200000 (tretego pokoleniya)* [Requirements for remote basis of the statement geological maps of Russian Federation of 1:200,000 scale (third generation)]. Ed. A.V. Pertsov. St. Petersburg, VSEGEI Publ., 2000. pp. 304–313.
 16. Moghtaderi A., Moore F., Mohammadzadeh A. The application of advanced space-borne thermal emission and reflection (ASTER) radiometer data in the detection of alteration in the Chadormalu paleocrater, Bafq region, Central Iran. *Journal of Asian Earth Sciences*, 2007, vol. 30, no. 2, pp. 238–252.
 17. Nash G.D., Johnson G.W., Johnson S. Hyperspectral detection of geothermal system-related soil mineralogy anomalies in Dixie Valley, Nevada: a tool for exploration. *Geochemics*, 2004, vol. 33, no. 6, pp. 382–396.
 18. Petrovic A., Khan S.D., Chafetz H.S. Remote detection and geochemical studies for finding hydrocarbon-induced alterations in Licbon Valley, Utah. *Marine and Petroleum Geology*, 2008, vol. 25, no. 8, pp. 696–705.
 19. Rowan L.C., Mars J.C. Lithologic mapping in the Mountain Pass, California area using Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer (ASTER) data. *Remote Sensing of Environment*, 2003, vol. 84, no. 3, pp. 350–366.
 20. Colomina I., Molina P. Unmanned aerial systems for photogrammetry and remote sensing: a review ISPRS. *J. Photogramm. Remote Sens.*, 2014, vol. 92, pp. 79–97.
 21. *Progress in Location-Based Services 2014. Lecture Notes in Geoinformation and Cartography*. Eds. G. Gartner, H. Huang. Switzerland, Springer, 2015. 282 p.
 22. Grejner-Brzezinska D., Toth Ch., Jozkow G. On sensor georeferencing and point cloud generation with sUAS. *Proc. of the ION 2015. Pacific PNT Meeting*. Honolulu, Hawaii, April 20–23, 2015. pp. 839–848.
 23. Gwenzi D., Lefsky M.A. Prospects of photon counting lidar for savanna ecosystem structural studies. *ISPRS Technical Commission I Symposium, Sustaining Land Imaging: UAVs to Satellites*. Denver, Colorado, USA, 17–20 November 2014. pp. 141–147.
 24. Safa N., Alaa N., Ik Soo Lim, Mohammed Saeed. Parallel faithful dimensionality reduction to enhance the visualization of remote sensing imagery. *Neurocomputing*, 2015, vol. 168, pp. 560–565.
 25. Liu Y., Hu J. Software to facilitate remote sensing data access for disease early warning systems. *Environmental Modelling & Software*, 2015, vol. 74, pp. 247–257.
 26. Safwat G., Safaa H., Mohamed S. Prospecting for new gold-bearing alteration zones at El-Hoteib area, South Eastern Desert, Egypt, using remote sensing data. *Ore Geology Reviews*, 2015, vol. 71, pp. 1–13.

Received: 20 January 2016.

Information about the authors

Vladimir G. Zhitkov, Cand. Sc., associate professor, National Research Tomsk Polytechnic University.

Anatoly A. Potseluev, Dr. Sc., professor, National Research Tomsk Polytechnic University.

Yuriy S. Ananiev, Cand. Sc., associate professor, National Research Tomsk Polytechnic University.

Vladimir A. Krinin, Cand. Sc., Head of the Department, Siberian Federal University.